

PC鋼棒によるプレストレスを用いたRC柱の耐震補強法に関する実験的研究
(その2 RC極短柱(M/(VD)=1.0)の耐震補強実験)

正会員○花井 勉*1 同 山川哲雄*2
同 鴨川茂義*3 同 倉重正義*4

1. 序

本研究の目的はPC鋼棒を用いて、柱の外からブレース又は帯筋状にプレストレスを導入する工法が、耐震性能に劣るRC極短柱の新しい耐震補強法として期待できるかどうかの目処を耐震加力実験で検証することにある。

2. 実験計画

250mm正方形断面を有するせん断スパン比1.0の極短柱4体を計画する。柱試験体における耐震補強の詳細をFig.1に、その一覧表をTable 1に示し、使用材料の力学特性値などをTable 2に示す。いずれの柱も1971年以前の旧基準(せん断補強筋が250mm間隔)で設計された学校建築物のRC柱(約600x600mm正方形断面を想定)を1/2.4縮小モデルにして、PC鋼棒による耐震補強実験を行った。耐震補強前のRC柱試験体はいずれも脆性的なせん断破壊する試験体である。軸圧縮力比は長期軸力のみ考慮してすべて0.2とする。

ブレース補強による試験体に関しては9.2φのPC鋼棒を両ウェブ面にブレース状に架け、かつブレースの支点位置で同じ9.2φのPC鋼棒を帯筋のように配置し、かつプレストレスを導入した場合の加力実験も行う。プレ

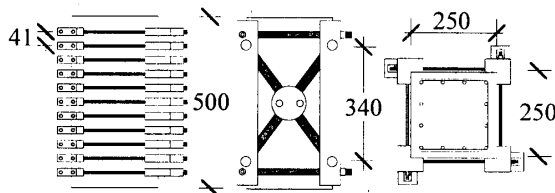


Fig. 1 Details of seismic retrofit for RC column

Table 1 Column specimen

	R98S-P0	R98S-PB	R98S-P41	R98S-P41'
Specimen				
M/VD = 1.0	500			
PC bar	—	9.2φ	3.8φ @41	Web: 5.4φ Flange: 3.8φ @41
Concrete	prestress			
Common details	Cylinder strength : $\sigma_c = 31.6$ MPa Longitudinal reinforcement: 12-D10, $p_g = 1.36\%$ Transverse reinforcement: 3.7φ -@105, $p_w = 0.07\%$ PC bars : Hoops 3.8φ, 5.4φ (Prestress 490 MPa) Brace 9.2φ (Hoop prestress 880 MPa)			

Units : mm

Table 2 Properties of steel bars and PC bars

Type	A(cm ²)	f _y (MPa)	ε _y (%)	E _s (GPa)	
Steel bar	D10	0.71	360	0.19	189.6
	φ3.7	0.11	333	0.17	200
PC bar	φ3.8	0.11	1245	0.60	201
	φ5.4	0.23	1245	0.60	
	φ9.2	0.66	1259	0.62	

Notes: A=cross section area, f_y=yield strength of steel, ε_y=yield strain of steel, E_s=modulus of elasticity

ストレスレベルは、トルクレンチなどを用いて手動で降伏点ひずみの約70%の4200-4400μ(880MPa)前後の緊張ひずみを導入した。9.2φのPC鋼棒は、実柱寸法で22φのPC鋼棒に相当する。なお、ブレースはそれ自身の座屈を防止するために引っ張り時のみ有効なディテールを採用した(Fig.1参照)。一方、PC鋼棒を利用した外帯筋タイプの詳細は、せん断スパン比1.5の試験体ですでに述べた(本論のその1参照)。

載荷方法は一定軸圧縮力比0.2のもとで、正負繰り返し水平加力実験を行った。加力装置は建研式加力装置を用い、部材角3%まで0.5%ずつ増分させながら各部材角で3回ずつ繰り返す。部材角3%までいたっても、最大水平耐力の80%以上を維持している状態であれば、部材角4%で正負1回繰り返し、耐震性能の確認を行った。

3. 実験結果と考察

柱試験体のせん断力Vと部材角R、および柱材軸の平均鉛直ひずみε_vと部材角Rの関係に関する実験結果をFig.2に示す。Fig.3にPC鋼棒のひずみ測定結果を示した位置を明示し、Fig.4にこれらのひずみ測定結果を示す。Fig.2より、耐震補強前のせん断スパン比1.0の極短柱試験体R98S-P0は、押し引きともに0.25%時に柱中央にせん断ひび割れが生じた。そのため耐力が上昇せず、1.0%で繰り返しによる耐力低下が著しくなり破壊に至った。しかし、ブレースで補強したR98S-PBは、同じ9.2φのPC鋼棒をブレース支点の柱頭と柱脚に一周させて、かつプレストレスを与え、柱の両端部を高横拘束しているため3.0%以降までひび割れの発生が外帯筋タイプのR98S-P41, R98S-P41'に比べ少なく、耐力低下もほとんど見られず安定した曲げ性状を示している。PC鋼棒でせん断補強したせん断スパン比1.0の試験体R98S-P41は、0.5%時にせん断ひび割れが生じたものの

An Experimental Study on Seismic Retrofit for RC Columns with PC Bar Prestressing
(Part 2 Test on Seismic Retrofit of RC Very Short Columns (M/(VD)=1.0))

HANAI Tsutomu, YAMAKAWA Tetsuo, KAMOGAWA Shigeyoshi and KURASHIGE Masayoshi

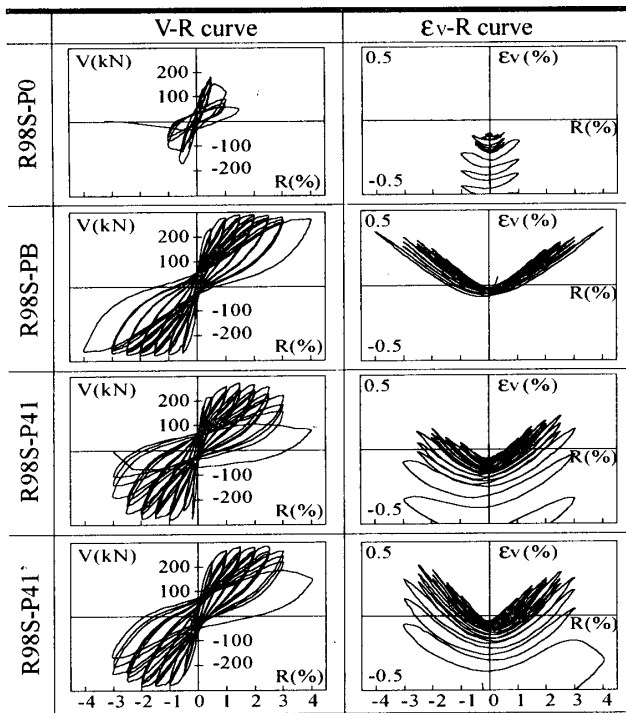


Fig. 2 Measured V-R and Ev-R relationships

耐力低下は見られず最大耐力は1.5%時に生じた。2.0%までは安定した曲げ性状を示したが、2.5%を超えてから試験体上部がひび割れと圧縮応力により膨張しだし、繰り返しによる耐力低下が大きくなった。Web面のみP C鋼棒の径を5.4φに置き換えたR98S-P41'は、1.0%時にせん断ひび割れが生じ、それ以降顕著なひび割れが生じたが、耐力低下はR98S-P41に比べ改善された。

耐震補強前のRC柱試験体は材端部の主筋が引っ張り降伏しない前の脆性的なせん断破壊であった。しかし、P C鋼棒でブレースや外周帯筋のようにせん断補強すると、主筋が降伏強度に達し、耐震性能がかなり改善されていることがわかる。特に、ブレース補強はせん断スパン比が1.0と小さく、極短柱にもかかわらず柱の部材角を4%まで増大させても水平耐力が低下していない(Fig.2参照)。しかし、実験によると主筋は完全に降伏しているが、Figs.4, 5に示すようにP C鋼棒は一切降伏していない。また、そのひずみの増加もブレース部材(Fig.5参照)を除いて小さい。このことはFig.2の柱材軸上の平均伸縮ひずみ ϵ_v と部材角Rの関係からも明白である。軸圧縮力が比で0.2常時作用しているにもかかわらず、部材角の増大とともに柱材軸上の平均引っ張りひずみが増大し、柱の耐震性能が劣化していないことを意味している。Fig.5にP C鋼棒をブレースに利用した唯一の柱試験体R98S-PBにおけるブレースの負担せん断力と、柱のせん断耐力の関係を示す。次いで、柱の部材角に占めるヒンジ部の回転による変形とブレースのせん断

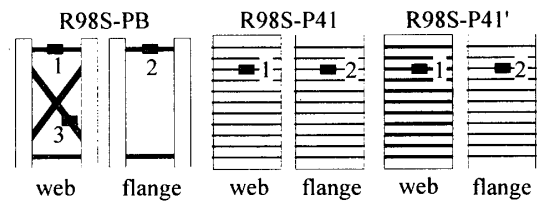


Fig. 3 Locations of measured strain of PC bars for column specimens

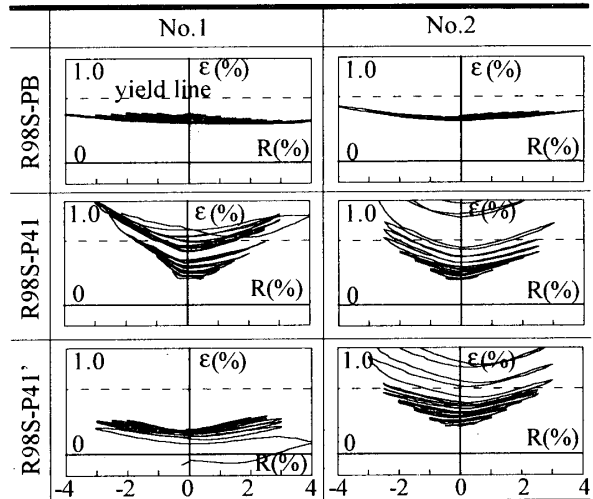


Fig. 4 Measured strain of PC bar for column specimens

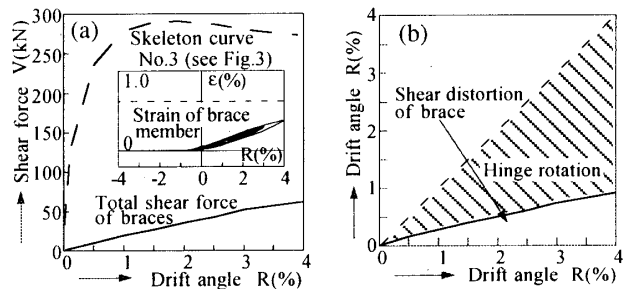


Fig. 5 Shear force and distortion versus drift angle relationships of brace member of R98S-PB

型変形、すなわち柱自身のせん断型変形の割合を示す。これらはすべて測定されたブレースの引っ張りひずみから逆算したものである。Fig.5によれば、部材角に占めるヒンジの回転による変形量が多く、その割合は柱の部材角のいかんにかかわらずほぼ3/4前後である。このことはブレースで補強された柱部分は、その部材角の3/4が曲げ降伏ヒンジの回転による剛体回転角であり、残りの1/4がせん断型変形角であることを意味している。すなわち、材端部の曲げ降伏ヒンジにともなうせん断力で柱の最大せん断力が支配され、ブレースと支持点のP C鋼棒は柱の靱性を維持する役割を主になうことになる。

4. 結論

P C鋼棒を用い、プレストレスを導入するRC柱の耐震補強法に関する加力実験の結果、せん断破壊する極短柱を、靱性に富んだ曲げ破壊する柱に改善できた。

*1 株式会社 日本システム設計
 *2 琉球大学教授 工学部環境建設工学科 教授 工博
 *3 琉球大学大学院理工学研究科
 *4 高周波熱錬株式会社

*1 Nihon System Sekkei
 *2 Prof., Univ. of the Ryukyus, Dr. Eng.
 *3 Graduate School of Engineering and Science, Univ. of the Ryukyus
 *4 Neteuren Co., Ltd.